

Attorney Docket No. 03745/LH

**IN THE UNITED STATES PATENT  
AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): J. YAMAGUCHI et al.

Serial No. : 10/734,980

Filed : December 12, 2003

For : PHOTOTHERMAL CONVERSION SPECTRO-  
SCOPIC ANALYSIS METHOD, AND PHOTO-  
THERMAL CONVERSION SPECTROSCOPIC  
ANALYSIS APPARATUS FOR CARRYING  
OUT THE METHOD

Art Unit : 2877

Examiner : Not Yet Assigned

**SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

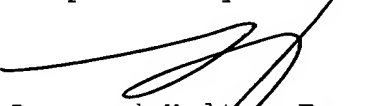
S I R :

Enclosed are:

Certified copy priority is claimed under 35 USC 119:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Filing Date:</u>
Japan	2001-178819	June 13, 2001

Respectfully submitted,

  
Leonard Holtz, Esq.  
Reg. No. 22,974

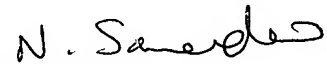
August 10, 2004

Frishauf, Holtz, Goodman & Chick, P.C.  
767 Third Avenue - 25th Floor  
New York, New York 10017-2023  
Tel. No. (212) 319-4900  
Fax No. (212) 319-5101  
LH:nps

Express Mail Mailing Label  
No.: EV 512419411 US

Date of Deposit: August 10, 2004

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Asst. Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231

  
Nalini P. Sahadeo

In the event that this Paper is late filed, and the necessary petition for extension of time is not filed concurrently herewith, please consider this as a Petition for the requisite extension of time, and to the extent not tendered by credit card payment, authorization to charge the extension fee, or any other fee required in connection with this Paper to Account No. 06-1378.

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2001年 6月13日  
Date of Application:

出願番号 特願2001-178819  
Application Number:  
[J P 2001-178819]  
ST. 10/C]:

願 人  
Applicant(s): 日本板硝子株式会社  
財団法人神奈川科学技術アカデミー

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2004年 6月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川 洋

【書類名】 特許願

【整理番号】 01P176

【提出日】 平成13年 6月13日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 21/01  
G01N 21/27  
G01N 21/63

【発明の名称】 光熱変換分光分析方法、及びその方法を実行する光熱変換分光分析装置

【請求項の数】 6

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号 日本板硝子株式会社内

    【氏名】 山口 淳

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番28号 日本板硝子株式会社内

    【氏名】 服部 明彦

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都文京区本郷2丁目32番地2-304

    【氏名】 北森 武彦

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1

    【氏名】 渡慶次 学

【特許出願人】

    【識別番号】 000004008

    【氏名又は名称】 日本板硝子株式会社

## 【特許出願人】

【識別番号】 591243103

【氏名又は名称】 財団法人 神奈川科学技術アカデミー

## 【代理人】

【識別番号】 100081880

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡部 敏彦

【電話番号】 03(3580)8464

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007065

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010399

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光熱変換分光分析方法、及びその方法を実行する光熱変換分光分析装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射する集光照射工程と、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する測定工程とを有する光熱変換分光分析方法において、前記励起光と前記検出光との周波数が異なり、前記集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の 2 倍以上かつ 30 倍以下であることを特徴とする光熱変換分光分析方法。

【請求項 2】 集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射する集光照射工程と、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する測定工程とを有する光熱変換分光分析方法において、前記励起光と前記検出光との周波数が異なり、前記集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の 2 倍以上かつ 25 倍以下であることを特徴とする光熱変換分光分析方法。

【請求項 3】 前記集光レンズはロッドレンズであることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の光熱変換分光分析方法。

【請求項 4】 集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射し、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する光熱変換分光分析装置において、前記励起光と前記検出光との周波数が異なり、前記集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の 2 倍以上かつ 30 倍以下であることを特徴とする光熱変換分光分析装置。

【請求項 5】 集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射し、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する光熱変換分光分析装置において、前記励起光と前記

検出光との周波数が異なり、前記集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の2倍以上かつ25倍以下であることを特徴とする光熱変換分光分析装置。

【請求項6】 前記集光レンズはロッドレンズであることを特徴とする請求項4又は5記載の光熱変換分光分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射し、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する光熱変換分光分析方法及び装置に関し、特に微小空間において精度の高い超微量分析が可能であると共に、任意の場所で簡便な測定が可能な光熱変換分光分析方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体や生体試料、あるいは各種の液体試料等の分析や測定を行う方法として分光分析方法が広く利用されてきている。しかし、従来の分光分析方法では、微小空間での微量な物質あるいは微小な物質を分析する場合には、測定条件として真空が必要であった。また、電子ビームやイオンビームの利用にともなって、試料が破壊されたり、損傷されたりする等の問題があった。

【0003】

また、溶液あるいは生体組織中等の超微量の試料を扱う場合には、高精度で高い空間分解能での分析ができる、光学領域の顕微鏡の使用が必須である。このような顕微鏡として実際に使用されているのはレーザー蛍光顕微鏡に限られている。したがって、分析の対象もおのずとレーザー蛍光顕微鏡蛍光分子に限られている。

【0004】

このような事情から、真空場を必要とすることがなく、非接触、非損傷での分析が可能であって、しかも分析対象が蛍光分子に限られることなく、高精度で、

高い空間分解能での分析が可能な分析方法が求められてきた。

#### 【0005】

これらの要求を満たす分析方法として、光熱変換現象による熱レンズ効果を利用した光熱変換分光分析法が注目されている。

#### 【0006】

この光熱変換分光分析法は、試料に光を集光照射したときに試料中の溶質の光吸収に起因してその後放出される熱エネルギーによって溶媒が局所的に温度上昇して屈折率が変化し、その結果、熱レンズが形成されるという光熱変換効果を利用するものである。

#### 【0007】

図3は、熱レンズの原理の説明図である。

#### 【0008】

図3において、対物レンズを介して励起光を極微小試料に集光照射すると光熱変換効果が誘起される。多くの物質では温度上昇に伴い屈折率が小さくなるので、励起光が集光照射された試料は、集光中心ほど温度上昇により屈折率が低下し、熱拡散により周囲に近づくほど温度上昇しないので屈折率の低下が少ない。光学的にはこの屈折率の分布はちょうど凹レンズと同じ効果を持つので、この効果を熱レンズ効果と呼ぶ。この熱レンズ効果の大きさ、即ち凹レンズの度数は試料の光吸収度に比例する。また、屈折率が温度に比例して大きくなる場合は、凸レンズが形成される。

#### 【0009】

このように、上記光熱変換分光分析法は、熱の拡散、即ち屈折率の変化を観察するものであるので、極微小試料の濃度を検出するのに適している。

#### 【0010】

上記光熱変換分光分析法を実行する光熱変換分光分析装置としては、例えば特開平10-232210号公報に記載されたものが提案されている。

#### 【0011】

このような光熱変換分光分析装置においては、試料は顕微鏡の対物レンズの下方に配置され、励起光用光源から出力された所定波長の励起光は、顕微鏡に入射

し、この顕微鏡の対物レンズによって試料中の極微量領域に集光照射される。この集光照射位置を中心に熱レンズが形成される。

#### 【0012】

一方、検出光用光源から出力され、波長が励起光と異なる検出光は、顕微鏡に入射し、顕微鏡から出射される検出光は、励起光により試料に形成された熱レンズに集光照射され、試料を透過して発散又は集光する。この試料から発散又は集光して出射された光は信号光となり、その信号光は、集光レンズ及びフィルタ又はフィルタを経て検出器によって検出される。検出された信号光の強度は、試料において形成された熱レンズに応じたものである。

#### 【0013】

上記検出光に関しては、励起光と同じ周波数でもよく、また、励起光が検出光を兼ねることもできる。一般的には励起光と検出光との周波数を異なるものとした場合に良い感度が得られる。

#### 【0014】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記従来の光熱変換分光分析装置は、光源や、測定部や検出部（光電変換部）の光学系等が複雑にシステムアップされており、大型で可搬性に欠けていた。このため、この熱レンズ顕微鏡システムを利用した分析や化学反応を行う際には、その場所や操作が限定される要因になっていた。

#### 【0015】

多くの場合、熱レンズを用いた光熱変換分光分析法を用いる場合には、励起光の焦点位置と検出光の焦点位置とが異なっていることが必要となる。図4は、励起光の光軸方向（Z方向）に関する熱レンズの形成位置と検出光の焦点位置との説明図であり、（a）は対物レンズが色収差をもつ場合を示し、（b）は対物レンズが色収差をもたない場合を示す。

#### 【0016】

対物レンズ130が色収差をもつ場合は、図4（a）に示すように、熱レンズ131は、励起光の焦点位置132に形成されると共に、検出光の焦点位置133は $\Delta L$ だけ励起光の焦点位置132からずれるので、この検出光により熱レン



ズ 131 の屈折率の変化を検出光の焦点距離の変化として検出できる。一方、対物レンズ 130 が色収差をもたない場合は、図 4 (b) に示すように、検出光の焦点位置 133 は、励起光の焦点位置 132 に形成される熱レンズ 131 の位置とほぼ一致する。このため、検出光は熱レンズ 131 によって偏向しないので熱レンズ 131 の屈折率の変化を検出できない。

#### 【0017】

しかしながら、顕微鏡の対物レンズは、通常、色収差をもたないように製造されている。したがって、上記の理由により、検出光の焦点位置 133 は、励起光の焦点位置 132 に形成される熱レンズ 131 の位置とほぼ一致し (図 4 (b))、熱レンズ 131 の屈折率の変化を検出することができない。このため、測定の際に、熱レンズが形成される試料の位置を、図 5 (a) 及び図 5 (b) に示すように、検出光の焦点位置 133 からずらしたり、図 6 に示すように、不図示のレンズを用いて検出光を若干発散又は集光させて対物レンズに入射させることにより検出光の焦点位置 133 を熱レンズ 131 からずらしたりしなければならず、手間が掛かるという問題もある。

#### 【0018】

本発明の目的は、高感度な測定ができる光熱変換分光分析方法、及び該方法を実行する小型の光熱変換分光分析装置を提供することにある。さらには、測定を行うたびに励起光及び検出光双方の焦点位置を調整する必要がある光熱変換分光分析方法、及び該方法を実施する小型の光熱変換分光分析装置を提供することにある。

#### 【0019】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 記載の光熱変換分光分析方法は、集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射する集光照射工程と、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する測定工程とを有する光熱変換分光分析方法において、前記励起光と前記検出光との周波数が異なり、前記集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の 2 倍以上

かつ 30 倍以下であることを特徴とする。

【0020】

上記目的を達成するために、請求項 2 記載の光熱変換分光分析方法は、集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射する集光照射工程と、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する測定工程とを有する光熱変換分光分析方法において、前記励起光と前記検出光との周波数が異なり、前記集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の 2 倍以上かつ 25 倍以下であることを特徴とする。

【0021】

請求項 3 記載の光熱変換分光分析方法は、請求項 1 又は 2 記載の光熱変換分光分析方法において、前記集光レンズはロッドレンズであることを特徴とする。

【0022】

上記目的を達成するために、請求項 4 記載の光熱変換分光分析装置は、集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射し、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する光熱変換分光分析装置において、前記励起光と前記検出光との周波数が異なり、前記集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の 2 倍以上かつ 30 倍以下であることを特徴とする。

【0023】

上記目的を達成するために、請求項 5 記載の光熱変換分光分析装置は、集光レンズによって励起光と検出光とを試料に集光照射し、前記励起光の集光照射によって生成された熱レンズを透過した検出光の偏向にともなう強度の変化を測定する光熱変換分光分析装置において、前記励起光と前記検出光との周波数が異なり、前記集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の 2 倍以上かつ 25 倍以下であることを特徴とする。

【0024】

請求項 6 記載の光熱変換分光分析装置は、請求項 4 又は 5 記載の光熱変換分光分析装置において、前記集光レンズはロッドレンズであることを特徴とする。

#### 【0025】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態に係る光熱変換分光分析方法及びその方法を実行する光熱変換分光分析装置を図面を参照しながら詳細に説明する。

#### 【0026】

図 1 は、本発明の実施の形態に係る光熱変換分光分析装置の概略構成を示す模式図である。

#### 【0027】

図 1 において、励起光用光源 111 から出射される励起光の光路上で励起光用光源 111 の近傍には、励起光を変調して熱レンズ信号の S/N 比を向上させるためのチョッパー 112 が配置されている。変調された励起光はミラー 114 によって進行方向を変えられた後に、ダイクロイックミラー 113 を通過する。このダイクロイックミラー 113 には検出光用光源 120 からの検出光が入射する。ダイクロイックミラー 113 によって励起光と検出光とが同軸になり、適切な色収差を有するレンズ 10 に導かれる。レンズ 10 は、3 軸に調整可能な保持具 15 によって保持されている。本実施の形態においては、レンズ 10 は屈折率分布型のロッドレンズである。なお、レンズ 10 は所定の色収差を有するものならば屈折率分布型のロッドレンズに限られるものではない。

#### 【0028】

このロッドレンズ 10 は、中心から周辺に向かって屈折率が連続的に変化する、例えばガラス又はプラスチック製の円柱状透明体から成る（例えば、特公昭 63-63502 号公報）。

#### 【0029】

ロッドレンズ 10 は、中心から周辺に向かって屈折率が連続的に変化しており、中心軸から半径方向で  $r$  の距離の位置における屈折率  $n(r)$  が、軸上屈折率を  $n_0$ 、2 乗分布定数を  $g$  として、近似的に  $r$  に関する 2 次方程式

$$n(r) = n_0 \{1 - (g^2/2) \cdot r^2\}$$

で表される集束性光伝送体として知られている。

#### 【0030】

ロッドレンズ10は、その長さ $z_0$ を $0 < z_0 < \pi/2g$ の範囲内で選ぶとき、その結像特性は、両端面が平坦でありながら通常の凸レンズと同じであり、平行入射光線によって出射端より、

$$s_0 = \cot(gz_0) / n_0g$$

の位置に焦点が作られる。

#### 【0031】

また、ロッドレンズ10は、例えば、以下の方法で製造される。

#### 【0032】

即ち、モル百分率でSiO<sub>2</sub>: 57~63%、B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 17~23%、Na<sub>2</sub>O: 5~17%、Tl<sub>2</sub>O: 3~15%を主成分とするガラスでロッドを成形した後、このガラスロッドを硝酸カリウム塩等のイオン交換媒体中で処理してガラス中のタリウムイオン及びナトリウムイオンと媒体中のカリウムイオンとのイオン交換を行ってガラスロッド内に中心から周辺に向けて連続的に低減する屈折率分布を与える。

#### 【0033】

ロッドレンズ10は円柱状であるので、保持具15による保持が容易である。ロッドレンズ10の端面がロッドレンズ10の光軸に対して垂直平面であるので、励起光及び検出光双方の光軸をロッドレンズ10の光軸に容易に合わせることができる。さらに、このロッドレンズ10は、顕微鏡用対物レンズと比較してかなり小さいので、装置全体を小型化できる。

#### 【0034】

ロッドレンズ10の下方には、検出するための試料を流す流路付き板状部材20がX-Y試料ステージ125上に配設されている。

#### 【0035】

流路付き板状部材20は、3層に重ねられると共に互いに接着されたガラス基板201, 202, 203から成り、混合、攪拌、合成、分離、抽出、検出等に用いられる流路204が形成されている。

## 【0036】

この流路付き板状部材 20 の材料は耐久性、耐薬品性の面からガラスが望ましく、細胞等の生体試料、例えば DNA 解析用としての用途を考慮すると、耐酸性、耐アルカリ性の高いガラス、具体的には、硼珪酸ガラス、ソーダライムガラス、アルミノ硼珪酸ガラス、石英ガラス等が好ましい。しかし、用途を限定することによってプラスチック等の有機物を用いることができる。

ロッドレンズ 10 の励起光の焦点位置は、流路付き板状部材 20 の流路 204 の中に位置する必要がある。しかし、ロッドレンズ 10 は流路付き板状部材 20 に接触している必要はなく、接触させる場合は板状部材 20 の上部ガラス板 201 の厚みでロッドレンズ 10 の焦点距離を調整できる。上部ガラス板 201 の厚みが足りない場合は、ロッドレンズ 10 と上部ガラス板 201 との間に焦点距離を調整するためのスペーサーを入れてもよい。これらの場合は、焦点距離の調整も不要になるので、装置をさらに小型化できる。

## 【0037】

励起光の焦点位置と検出光の焦点位置とのずれ ( $\Delta L$ ) がどの程度であればよいかについて説明する。測定対象物が非常に薄い薄膜の場合には、励起光を集光照射するのに用いた対物レンズの共焦点長の  $\sqrt{3}$  倍が最適であるという結果が得られている (Analyst, August 1995, Vol.120,2053)。共焦点長 ( $I_c$ : nm) は、 $I_c = \pi \cdot (d/2)^2 / \lambda_1$  で計算される。ここで、 $d$  は  $d = 1.22 \times \lambda_1 / NA$  で計算されるエアリーディスクであり、 $\lambda_1$  は励起光の波長 (nm)、 $NA$  は用いられた対物レンズの開口数である。この  $\Delta L$  の値は、励起光の焦点位置と検出光の焦点位置との差を表わしているので、検出光の焦点距離が励起光の焦点距離よりも長い場合も短い場合も同じ結果になる。

## 【0038】

しかしながら、上記  $\Delta L$  の最適値は励起光と検出光とが同一の周波数であり、試料が対物レンズの共焦点長に対して厚くない場合に得られたものである。

## 【0039】

現在、化学反応を微小空間で行うための集積化技術が、化学反応の高速性や微量での反応、オンサイト分析等の観点から注目され、世界的に精力的に研究が

進められている。

#### 【0040】

上記の集積化技術の1つとして、小さなガラス基板等に作製した微細な流路の中で試料の混合、反応、分離、抽出、検出の全てを行うことを目指したものがある。これらは、分離だけを目的としたような単一の機能のみで用いられてもよく、また、複合して用いられてもよい。

#### 【0041】

分離のみを目的としたものとして、極微量のタンパクや核酸等を分析する電気泳動装置が提案されている。これは互いに接合された2枚のガラス基板からなる流路付き板状部材を備えている（例えば、特開平8-178897号公報）。

#### 【0042】

これらに用いられる板状部材に作製された流路は、溶液を液体の特性を維持して流す必要があることから、深さは通常50～100  $\mu\text{m}$ 程度である。この流路を測定対象物が流れている状態で光熱変換分光分析を実施することは、測定対象の厚みが励起光の共焦点長に対して非常に厚いことを意味する。例えば、波長532 nmの励起光をNA（開口数）0.4の対物レンズで集光した場合の共焦点長は、3.9  $\mu\text{m}$ であるが、流路の厚みはその10倍以上あることになる。このように測定対象物が共焦点長に対して厚い場合は、前記の薄膜の場合と比較すると、熱レンズを形成する薄膜が厚み方向に数多く積層した状態と同じになり、最終的にはその積分値になるので、薄膜の場合よりも励起光と検出光との焦点位置のずれの最適値は大きなものとなることが予想される。但し、励起光と検出光との焦点位置のずれがあまりに大きくなると、励起光によって生成される熱レンズを透過する検出光の量が少なくなりすぎて検出感度が低下するので、光熱変換分光分析方法に使用する対物レンズが有する色収差、すなわち、励起光の焦点位置と検出光の焦点位置との差（ $\Delta L$ ）は、励起光の共焦点長の2倍～30倍までが望ましく、より望ましくは2倍～25倍である。より一層望ましいのは3倍～25倍である。

#### 【0043】

光熱変換分光分析方法に用いる励起光強度が小さい場合、測定対象物の濃度が

低い場合等は、励起光の焦点位置から離れた部分にできる熱レンズの度数が小さくなるため、測定対象物の厚み全体を積分した熱レンズ効果が小さくなることが予想される。このような場合は、 $\Delta L$ を上記の値よりも小さくすることが望ましい。よって、 $\Delta L$ は2倍～25倍が望ましく、より望ましいのは3倍～25倍であり、さらに望ましいのは3倍～20倍である。

#### 【0044】

屈折率分布型のロッドレンズを使用してどの程度の色収差が得られるかを例示する。用いる屈折率分布型ロッドレンズには、日本板硝子株式会社のSELFOCレンズカタログに記載されているSLHレンズを用いる。このカタログには直径1.8mmでの特性が記載されているので、それを直径1mmに換算して使用する。

#### 【0045】

流路付き板状部材の材質がパイレックス（登録商標）ガラス、流路上の厚み（上部ガラス201の厚み）が0.18mm、流路の深さ0.1mm、屈折率分布ロッドレンズSLHの直径1mm、実際にレンズ中を光が透過する有効径0.7mm、ロッド長1.7mm、励起光波長488nm、検出光波長633nm、励起光の焦点位置が流路の真中とした場合に得られる励起光と検出光との焦点位置差（ $\Delta L$ ）は45 $\mu\text{m}$ である。このときの焦点位置でのNAは0.46で、励起光での共焦点長は2.7 $\mu\text{m}$ である（ $\Delta L$ は共焦点長の17倍）。

#### 【0046】

図2に、 $\Delta L$ と光熱変換分光分析方法での信号強度の関係の一例を示す。これは、下記の条件で測定した場合のものである。

#### 【0047】

対物レンズとして色収差のないNA0.4の顕微鏡対物レンズを用い、励起光はそのまま対物レンズに導き、検出光は対物レンズに入射する以前に発散又は集光させることによって焦点位置を変化させている。試料にはサンセットイエローを $10^{-4}$ モルの濃度で溶解した水溶液を0.1mm厚みの溝に入れたものを使用し、励起光の波長は532nm、検出光の波長は633nmである。励起光の焦点位置を溝の中心に固定し、検出光の焦点位置をその位置から光軸方向にずらし

ながら光熱変換分光分析方法で得られる信号強度を測定してプロットした。

#### 【0048】

図2においては、信号強度が最高になるのは $\Delta L$ が約 $60\mu\text{m}$ となった場合で、これは励起光における共焦点長の約1.5倍である（励起光に対する共焦点長 $39\mu\text{m}$ ）。得られた信号強度が最高強度の $1/2$ 以上となる領域は、 $\Delta L$ が励起光における共焦点長の4倍から2.7倍までであった。

#### 【0049】

上述の流路付き板状部材20の流路204に面する位置であって、図1に示したロッドレンズ10に対向する位置には、励起光と検出光とを分離し、検出光のみを選択的に透過させる波長フィルタ116及び該波長フィルタ116を透過した検出光を検出する光電変換器117が配置されている。光電変換器117の手前には、検出光の一部のみを透過させるためのピンホールを挿入してもよい。光電変換器117によって得られ、プリアンプ121によって増幅された信号は、チョッパー112と同期させるために、ロックインアンプ122に送られ、その後、コンピュータ123で解析される。

#### 【0050】

本発明の実施の形態によれば、ロッドレンズ10は、用いる励起光及び検出光の波長並びに測定に用いる流路付き板状部材20内の流路204のディメンジョン他に適した色収差量を有しているため、高感度の測定ができると共に、外部に励起光又は検出光の焦点位置を調整するための光学系を設置する必要がなくなることによって装置を小型化できる。

#### 【0051】

##### 【発明の効果】

以上詳細に説明したように、請求項1記載の光熱変換分光分析方法、及び請求項4記載の光熱変換分光分析装置によれば、励起光と検出光との周波数が異なり、集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の2倍以上かつ30倍以下であるので、十分な信号強度がえられ、この結果、高感度な測定ができる。

#### 【0052】



請求項 2 記載の光熱変換分光分析方法、及び請求項 5 記載の光熱変換分光分析装置によれば、励起光と検出光との周波数が異なり、集光レンズは、励起光の焦点位置に対する検出光の焦点位置のずれが、励起光の周波数における共焦点長の 2 倍以上かつ 2.5 倍以下であるので、信号強度はより大きく、この結果、より高感度な測定ができる。

### 【0053】

請求項 3 記載の光熱変換分光分析方法及び請求項 6 の光熱変換分光分析装置によれば、集光レンズはロッドレンズであるので、励起光及び検出光の焦点位置の調整をするための光学系を省略でき、また、これによって装置の小型化ができることとなる。

### 【図面の簡単な説明】

#### 【図 1】

本発明の実施の形態に係る光熱変換分光分析装置の概略構成を示す模式図である。

#### 【図 2】

$\Delta L$  と光熱変換分光分析方法での信号強度の関係の一例を示す図である。

#### 【図 3】

熱レンズの原理の説明図である。

#### 【図 4】

検出光の光軸方向（Z 方向）に関する熱レンズの形成位置と検出光の焦点位置との説明図であり、（a）は対物レンズが色収差をもつ場合を示し、（b）は対物レンズが色収差をもたない場合を示す。

#### 【図 5】

光の光軸方向（Z 方向）に関する熱レンズの形成位置と検出光の焦点位置の説明図であり、（a）は、熱レンズが検出光の焦点位置に関してレンズ側に形成された場合、（b）は、熱レンズが検出光の焦点位置に関してレンズの反対側に形成された場合を示す。

#### 【図 6】

従来の光熱変換分光分析装置における熱レンズの屈折率の変化を検出する方法

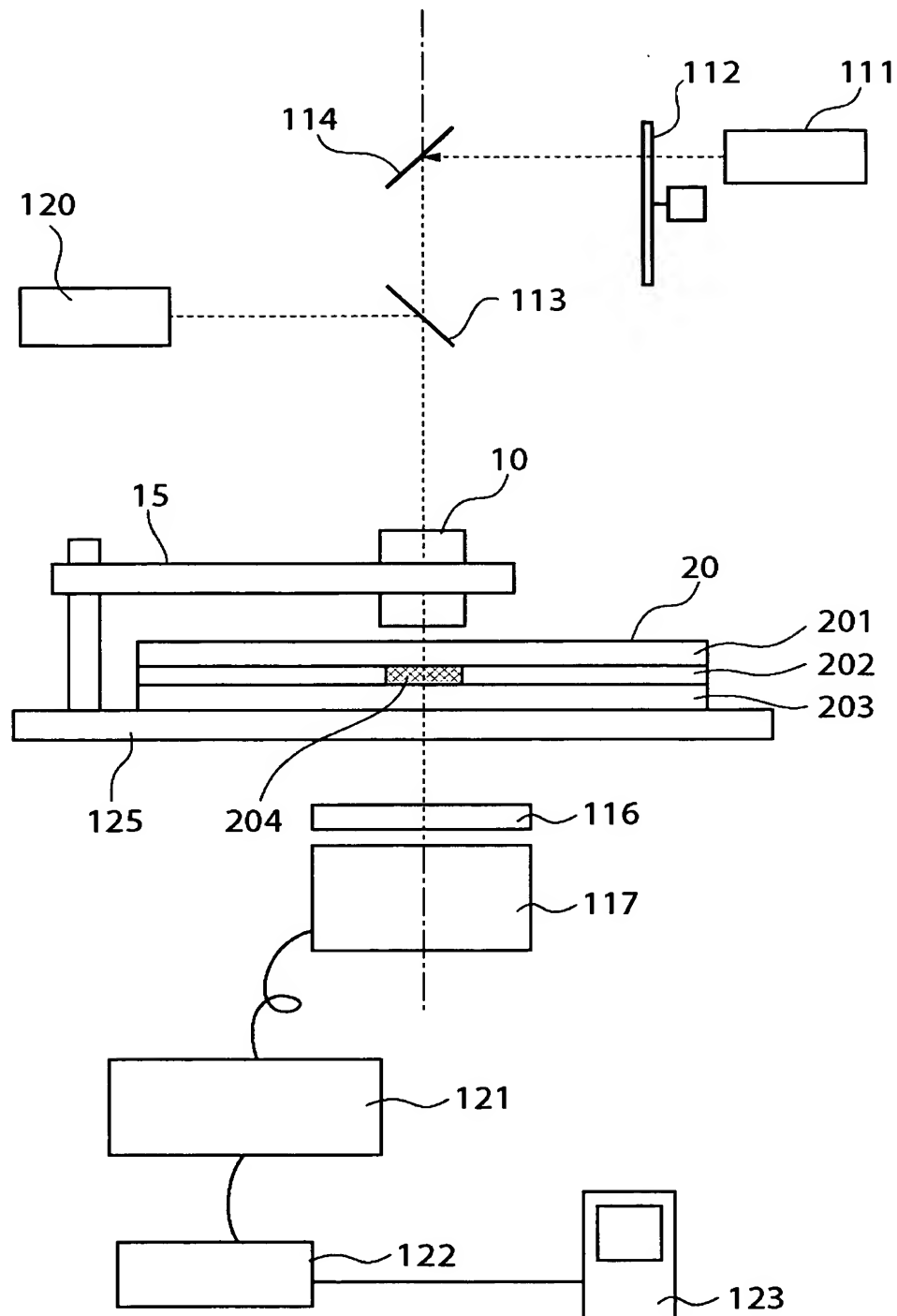
の説明図である。

【符号の説明】

- 10 ロッドレンズ
- 20 流路付き板状部材
- 111 励起光用光源
- 112 チョッパー
- 113 ダイクロイックミラー
- 116 波長フィルタ
- 117 光電変換器
- 120 検出光用光源
- 121 プリアンプ
- 122 ロックインアンプ
- 123 コンピューター
- 201, 202, 203 ガラス基板
- 204 流路

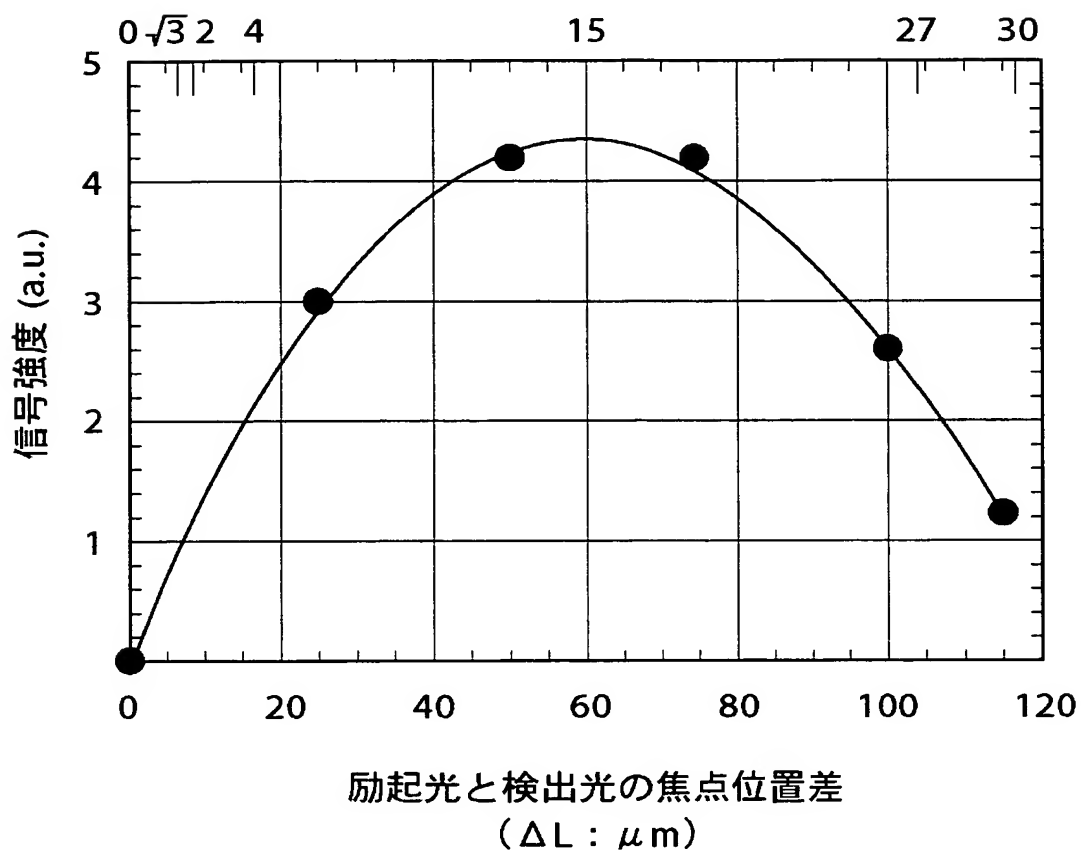
【書類名】 図面

【図 1】

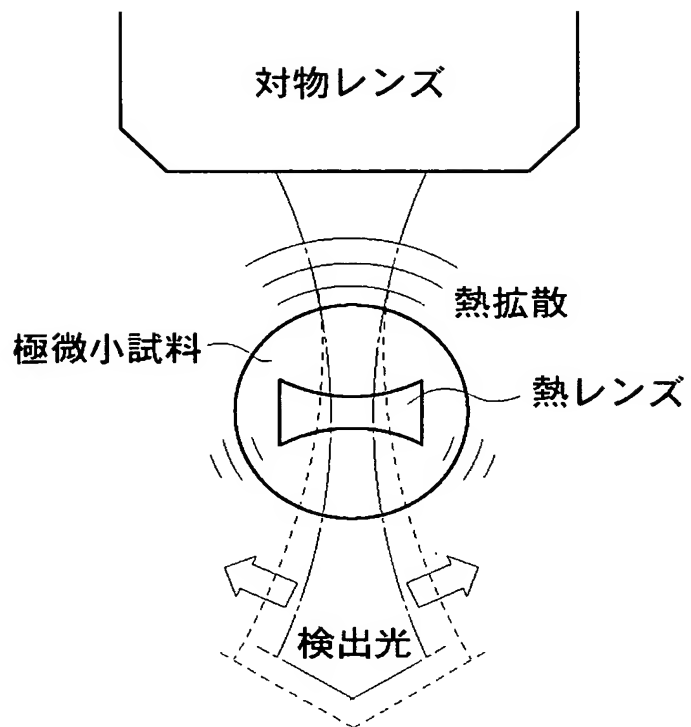


【図 2】

励起光の周波数における共焦点長に対する  
励起光と検出光の焦点位置のずれの値(倍)

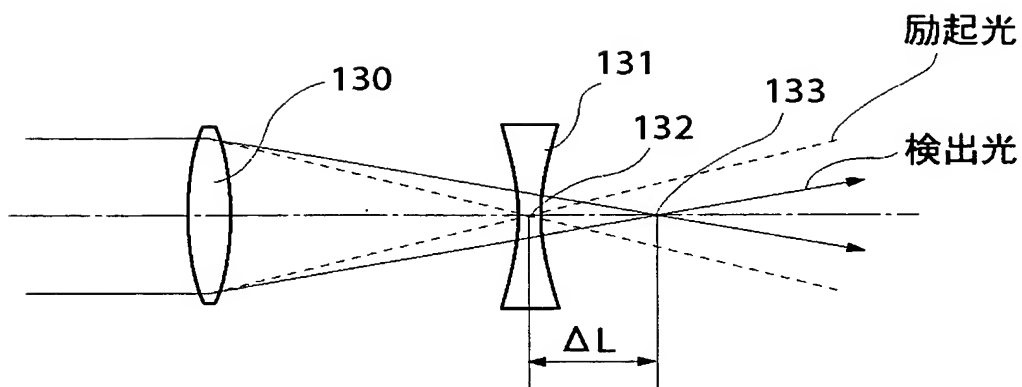


【図 3】

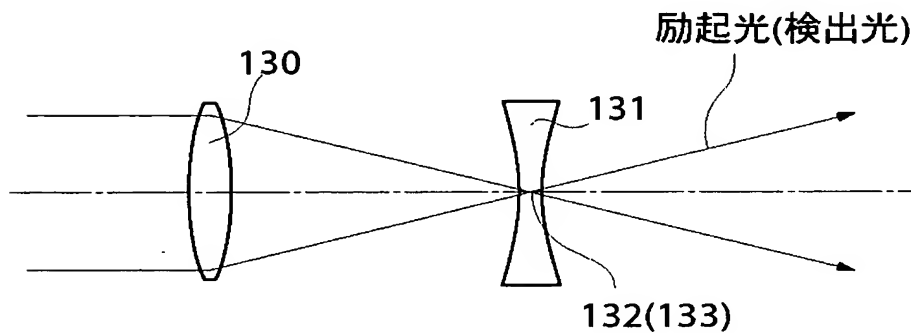


【図 4】

(a)

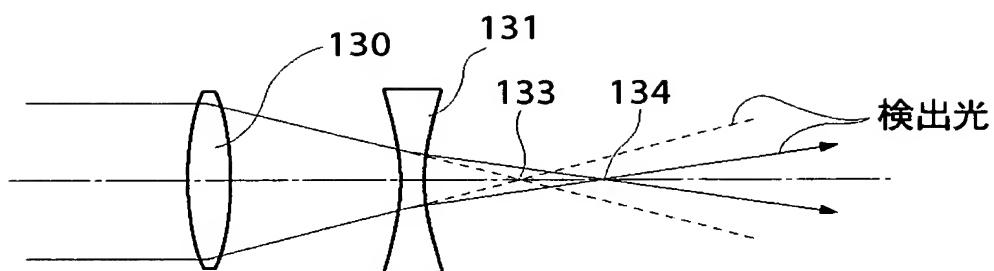


(b)

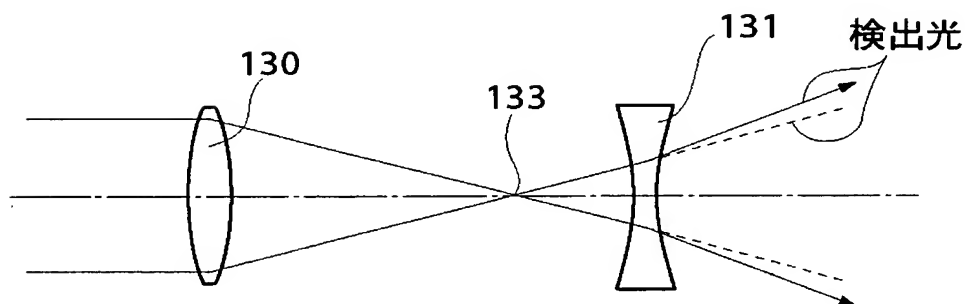


【図 5】

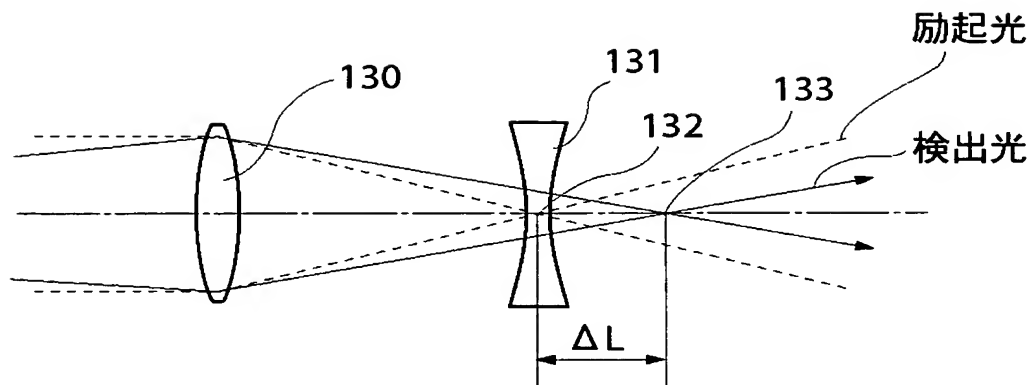
(a)



(b)



【図 6】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高感度な測定ができる光熱変換分光分析方法、及び該方法を実行する光熱変換分光分析装置を提供する。

【解決手段】 光熱変換分光分析装置は、励起光用光源 1 1 1 から出射される励起光の光路上で励起光用光源 1 1 1 の近傍に配置されたチョッパー 1 1 2、励起光の進行方向を変えるミラー 1 1 4、検出光用光源 1 2 0 からの検出光が入射して、励起光と検出光とが同軸にされるダイクロイックミラー 1 1 3、適切な色収差を有するレンズ 1 0、このレンズ 1 0 を 3 軸に調整可能に保持する保持具 1 5 から成る。

【選択図】 図 1

特願 2001-178819

出願人履歴情報

識別番号

[000004008]

1. 変更年月日

2000年12月14日

[変更理由]

住所変更

住所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号

氏名

日本板硝子株式会社

特願 2001-178819

出願人履歴情報

識別番号 [591243103]

1. 変更年月日	1993年 5月17日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号
氏 名	財団法人神奈川科学技術アカデミー